

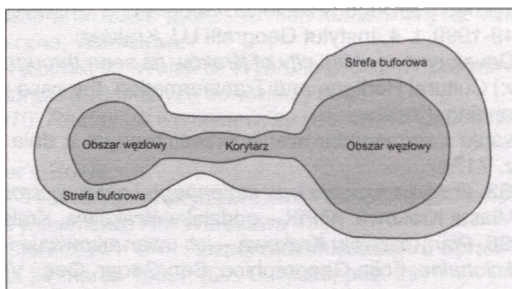
Zastosowanie narzędzi kartograficznych do wyznaczania korytarzy ekologicznych na przykładzie Górców.

Obecnie jednym z podstawowych założeń w dziedzinie ochrony przyrody jest tworzenie sieci ekologicznej. Sieci ekologiczne są modelem ochrony różnorodności biologicznej zapewniającym zarówno prawidłowe funkcjonowanie ekosystemu, jak też możliwość korzystania z zasobów środowiska w celu zaspokojenia ludzkich potrzeb (Bonenberg 2001). Sieci ekologiczne składają się z trzech elementów:

- obszarów węzłowych, zapewniających warunki środowiska konieczne dla ochrony ważnych ekosystemów, siedlisk i gatunków

- korytarzy ekologicznych łączących obszary węzłowe i zapewniających rozprzestrzenianie się gatunków

- stref buforowych służących ochronie sieci przed negatywnymi wpływami zewnętrznymi



Rys.1. Model sieci ekologicznej (opr. własne)

Idea sieci powstała na podstawie dotychczasowych doświadczeń w ochronie przyrody, z których wynika, że wpływ obszarów chronionych musi rozciągać się daleko poza ich formalne granice. Stwierdzono, że objęcie prawną ochroną fragmentów najcenniejszych przyrodniczo obszarów w formie parków narodowych i rezerwatów przyrody nie wystarcza do zachowania gatunków. W wielu krajach od dawna uważa się, że potrzeba ekologicznych połączeń jest fundamentalną zasadą w planowaniu przestrzennym i z tego powodu opracowuje się mapy potencjalnych korytarzy, zarówno dla regionów jak i dla całego obszaru państwa, a także - w ramach międzynarodowych programów – dla całego kontynentu.

Wyznaczanie korytarzy, jako przestrzennych elementów krajobrazu, jest procesem wymagającym zastosowania narzędzi kartograficznych. Ostateczne naniesienie korytarzy na mapę poprzedza analiza badanego obszaru przy zastosowaniu ustalonych kryteriów i dostępnych danych. Najważniejsze dane to: mapy topograficzne, mapy tematyczne (lesistości, użytkowania ziemi, zagospodarowania turystycznego itp.), zdjęcia satelitarne i lotnicze.

Wyznaczanie korytarzy powinno składać się z trzech etapów:

- a) określenie gatunków, dla których robi się opracowanie
- b) określenie skali i kryteriów odpowiednich dla badanego obszaru
- c) określenie metodyki

Szczegółowe kryteria zależą od praktycznych warunków pracy, charakterystyki terenu, dostępności danych, wymagań odbiorcy takiej analizy.

Metody wyznaczania korytarzy a narzędzia kartograficzne.

Aby wprowadzić w życie ideę ochrony leśnych korytarzy ekologicznych w rolniczym krajobrazie Quebecu, dwie organizacje: *The Fondation Les Oiseleurs du Québec Inc.* oraz *The Canadian Wildlife Service of Environment Canada, Québec Region* wspólnie opracowały metodę ich identyfikacji i inwentaryzacji. Korytarze w tym środowisku składają się z segmentów, - są to typowe stopnie przystankowe w szczególności niezbędne dla ptaków, które stanowią istotny czynnik ograniczający występowanie szkodliwych dla upraw owadów (Bélanger 1998).

Metoda przedstawiona przez autorów opierała się w głównej mierze o badania terenowe i bezpośrednie nanoszenie danych na mapy papierowe (Duchesne 1999). Naniesienie na mapę linii obrazujących potencjalne korytarze leśne w środowisku rolniczym było wstępem do ich analizy jakościowo-ilościowej. Na tym etapie określano parametry poszczególnych korytarzy (szerokości korytarza w największym miejscu, stosunek powierzchni płatów leśnych do przerw między nimi) oraz wartość średnią wielkości akceptowalnego korytarza (poniżej której korytarze nie będą brane pod uwagę). Ostatecznie powstawała mapa korytarzy wartych ochrony.

Główne założenie w ochronie przyrody dużych obszarów naturalnych w USA to zachowanie dużych drapieżników w siedlisku oraz teoria gatunku - parasola (umbrella - species concept). Mianem tym określa się gatunek, którego ochrona ma zapewnić przetrwanie innych gatunków występujących na tym samym obszarze. Koncepcja parasola gatunku funkcjonuje jako podstawowe narzędzie do określania minimalnych rozmiarów obszarów chronionych, wybierania terenów mających wejść w skład sieci ochrony przyrody oraz ustalania minimalnych standardów dla kompozycji, struktury i procesów zachodzących w ekosystemach (Angelstam, Roberge 2004).

W licznych projektach mających na celu wyznaczenie korytarzy dla dużych drapieżników stosowane były metody nakładania warstw tematycznych w oprogramowaniu GIS i wizualnej ich analizy. Podstawowym krokiem każdego opracowania jest identyfikacja odpowiednich terenów badanych gatunków, jest zależna od indywidualnych potrzeb danego gatunku. Identyfikacja ta przeprowadzana jest w oprogramowaniu GIS, poprzez nakładanie warstw takich jak roślinność, rzeźba (wysokość, nachylenie, ekspozycja), odległość od wody. Ponieważ różne zwierzęta różnią się pod względem wrażliwości na ludzką obecność, określenie odpowiedniego dla nich siedliska zależy ściśle od warstw takich jak odległość od dróg i natężenie ruchu, odległość od miast, lokalne prawo łowieckie itd. Poza tym przydatne są warstwy dotyczące rozmieszczenia gatunków, utworzone na podstawie danych telemetrycznych i obserwacji w terenie, danych łowieckich oraz warstwa obrazująca dane o śmierci zwierząt na drogach. Konwergencja wszystkich warstw pozwala określić obszary z najwyższym prawdopodobieństwem przetrwania danego gatunku. Jeśli tereny te leżą pomiędzy znanymi centrami występowania populacji, można określić je jako korytarze (Ament, Craighead 1998).

Ponadto w zależności od badanego gatunku do opracowania systemu wprowadzać można dodatkowe dane. Np. przy określaniu korytarzy dla pumy

zastosowano także warstwy występowania jeleni, losi i kozic górskich – ofiar, od których obecności zależy przetrwanie tego drapieżnika (Ament, Craighead 1998).

Oprogramowanie GIS umożliwia nie tylko wizualne porównywanie warstw informacyjnych, ale także wiele analiz ilościowych. W opracowaniu połączeń między dwoma parkami w stanie Nowy Jork gatunkiem docelowym był wilk (Quinby et al. 1999). Model GIS w tym opracowaniu zawierał takie dane jak: gęstość dróg, obecność dróg głównych, gęstość zaludnienia, użytkowanie terenu i odległość od wody. Dla warstwy odległość od wody stworzono bufor odległościowy od zbiorników i cieków wodnych, przyporządkowując strefie najbliższej wartość najwyższą. Powodem było założenie, że w bliskości wody wzrasta dla wilka dostępność i łatwość upolowania ofiary. Jednak same zbiorniki wodne traktowano jako bariery. Następnie dokonano analizy rastrowej (dane wektorowe, np. drogi musiały zostać zamienione na dane rastrowe). Ostatecznie dokonano opisu korytarza priorytetowego, który zawierał następujące elementy: szerokość w najwęższym i najszerszym miejscu, długość, jakość środowiska (w procentach: ile procent korytarza składa się ze środowiska wysokiej jakości, czyli naturalnego), procentowy udział naturalnego środowiska regionu, które zostało zawarte w korytarzu i/lub jego strefie buforowej, stopień fragmentacji korytarza i porównanie z fragmentacją obszaru poza korytarzem. Po analizie danych rastrowych wysnuto wnioski dotyczące odległości od dróg i gęstości dróg. Stwierdzono, że gęstość dróg może nie dawać pożądanych rezultatów w analizie, ze względu na to, że obszary wolne od dróg nie są w żaden sposób wartościowane, np. przy analizie pikseli o pow. 100/100 m, piksele o gęstości dróg 0, położone w bezpośredniej bliskości wzdłuż drogi, będą miały tę samą wartość, co piksele o gęstości dróg 0, oddalone od niej o 10 km. Z tego względu odległość od dróg stanowi lepsze kryterium wyznaczania siedliska. Ponadto uznano, że dane dotyczące zagęszczenia populacji nie oddają w pełni sytuacji, ponieważ gęstość zaludnienia może wzrastać drastycznie w sezonach turystycznych. W opracowaniu tym stworzono listę punktów przyporządkowanych kolejnym rodzajom użytkowania ziemi w regionie Nowy Jork, w której wartość środowiska dla wilka jest odwrotnie proporcjonalna do ilości punktów. Rozbieżności dla jednego typu terenu powodowane były różnymi kryteriami zastosowanymi dla jego oceny, np. pola jako otwarte niezabudowane przestrzenie pokryte roślinnością mogą mieć wartość 16 – bardzo dobre środowisko dla przemieszczania się wilka, ale ze względu na łatwość kontaktu z pracującymi na polach ludźmi, wartość ta może osiągnąć 100 – czyli środowisko nieprzydatne (Quinby et al. 1999).

Kolejnym przykładem zastosowania technologii GIS był projekt realizowany przez BCEAG (*Bow Corridor Ecosystem Advisory Group*) dla wilka i rysia w rejonie Southern Canmore Region w USA (Herrero, Jevons 2000). Wzięto tu pod uwagę nachylenie terenu oraz długość korytarza, zarówno dla drapieżników jak i dla roślinożerców. Założono, że korytarze o nawet niewielkim nachyleniu terenu powinny być szersze niż w obszarach płaskich, natomiast stoki o nachyleniu powyżej 25 stopni nie powinny wchodzić w skład korytarza. Także korytarze o długości powyżej 1 km powinny być poszerzone. Projekt ten oparty był także na dodatkowych danych, takich jak: trasy wędrówek zwierząt w Parku Narodowym Banff, sposoby wykorzystania typów krajobrazu przez wilka i niedźwiedzia grizzly, sposoby wykorzystania środowiska przez kugurara, wieloletnie spostrzeżenia pojawiania się zwierząt w okolicach miejskich regionu. W projekcie dzięki zastosowaniu techniki GIS wyznaczono trzy parametry wskaźnikowe dla korytarzy:

1. stosunek szerokości do długości - wartości te są od siebie zależne, co oznacza, że dłuższe korytarze powinny też być szersze

2. topografia - dostosowanie szerokości i długości korytarza do trudności w pokonywaniu terenu z powodu jego nachylenia (według tabeli opracowanej na cele projektu)

3. zapewnienie kryjóWKi tj. stopień pokrycia roślinnością np. leśną - korytarze, w których roślinność "kryjąca" (głównie leśna) stanowi mniej niż 40% powinny być szersze i łączyć duże obszary siedliskowe. Natomiast mniej niż 10% wyklucza funkcjonowanie korytarza.

Analizy komputerowe, modele matematyczne – wirtualne wyznaczanie korytarza w zadanej przestrzeni.

W ramach projektu *Corridors of Life* tworzonego dla Północnych Gór Skalistych (Northern Rocky Mountains) stworzono dwa modele komputerowe: model *Drogi Najmniejszego Kosztu* oraz model *Monte Carlo*, które wspólnie dają kompleksową ocenę środowiska z punktu widzenia migrującego zwierzęcia. W obu modelach zawrzeć można ważne dane geograficzne, takie jak łańcuchy górskie, drogi, ważne obszary chronione (parki narodowe), miasta i wsie. Dodatkowo w oprogramowaniu GIS danym tym towarzyszy warstwa DEM – cyfrowy model terenu, który pozwala uwzględnić w analizie doliny rzeczne, równiny, czy strome stoki górskie. Zidentyfikowane na podstawie tych danych korytarze są następnie badane w terenie i opisane.

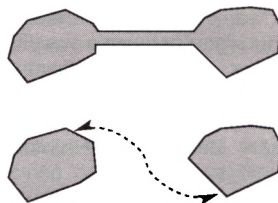
Pierwszy z programów, model *Drogi Najmniejszego Kosztu* (*The Least-Cost-Path*) wyszukuje w terenie trasy, wzdłuż których przemieszczające się zwierzęta miałyby największe szanse przeżycia (Ruediger 1999). Przyjęto w nim 4 założenia:

- 1) Dobre korytarze zbudowane są głównie z preferowanych typów siedliskowych
- 2) Ludzie stanowią problem dla efektywnego przemieszczania się zwierząt
- 3) Obecnie istniejąca infrastruktura związana z obecnością człowieka jest permanentna
- 4) Droga najmniejszego kosztu – założenie, że taka droga daje zwierzęciu największe szanse przebycia danego dystansu. Droga ta była wyznaczana w oprogramowaniu Arc/Info.

Metoda ta zawiera trzy wyważone czynniki: przydatność danego typu środowiska, minimalną odległość euklidesową oraz stopień "łączności" między dwoma punktami docelowymi (Walker, Craighead 1997).

Model *Monte Carlo* symuluje ruchy migrujących zwierząt, wyszukując dla nich kierunki oferujące najlepsze siedliska. W modelu tym stosuje się zasadę przypadkowego ruchu zwierząt, a wynikiem takiej analizy jest bardziej realistyczne spojrzenie na teoretycznie wyznaczone korytarze, ich przewężenia i inne bariery (Ruediger 1999).

William W. Hargrove i Forrest M. Hoffman, z *Oak Ridge National Laboratory* w USA opisują praktyczną metodę analizy mapy w narzędziu PATH, mającą na celu wyznaczenie korytarzy rozprzestrzeniania się gatunków. Metoda ta pozwala przewidzieć położenie i jakość korytarza na tle matrycy przy użyciu wielu wirtualnych „wędrówców”. Autorzy twierdzą, że program uwzględnia czynniki, których brakuje w *Modelach Najmniejszego Kosztu* i *Monte Carlo*. W ich opracowaniu korytarz zdefiniowano nie jako fragment krajobrazu łączący płaty tego samego siedliska, ale jako ścieżkę między dwoma różnymi płatami siedliskowymi, prowadzącą przez matrycę środowiska nieprzyjaznego.



Rys.2. Schemat definicji korytarza w programie PATH (z: Hargrove, Hoffman 2004)

Założenia metody:

- korytarze znajdują się wśród płatów wybranego rodzaju siedliska - taki płat siedliska stanowi istotną jednostkę krajobrazową
- metoda stosuje „wirtualnych” wędrowców w celu symulacji przemieszczania się zwierząt lądowych

Dane wprowadzane do programu PATH:

- Mapa ASCII kategorii przydatności siedliska
- Mapa ASCII każdego sąsiadującego płatu należącego do każdej kategorii przydatności siedliska
- Lista kategorii przydatności siedliska, spośród których mają być symulowane korytarze

Wprowadzane do programu rzeczywiste mapy krajobrazowe (a nie tylko wygenerowane dla potrzeb prezentacji) mogą wymagać logicznej wstępnej obróbki przed podjęciem analizy korytarzy, takiej jak kodowanie kategorii siedlisk, skupienie drobnych rozproszonych plamek siedliska lub wyeliminowanie płatów mniejszych od minimalnej przyjętej wartości, czy ponowne kodowanie rdzenia siedliska.

W programie wytwarzane są trzy typy produktów końcowych:

1. Mapa najsilniej uczęszczanych ścieżek komunikacyjnych pomiędzy płatami każdej analizowanej kategorii
2. Kwadratowa matryca transferu określająca ilościowo przepływ zwierząt, które pomyślnie rozprzestrzeniają się z jednego płatu siedliskowego do drugiego płatu tego samego typu w krajobrazie.
3. Zestaw wartości obrazujący ważność każdego płatu na mapie, który określa w sposób ilościowy stopień przydatności tego siedliska dla pomyślnego rozprzestrzeniania się zwierząt na mapie – pomaga on określić priorytety dla prac ochronnych, restauracyjnych i zarządzania.

Autorzy zwracają uwagę na konieczność przewartościowania wygenerowanych potencjalnych korytarzy wg rzeczywistych, istniejących korytarzy migracyjnych, które zostały stwierdzone eksperymentalnie za pomocą namierzania radiowego czy telemetrii. Kolejnym etapem rozwoju narzędzia będzie jego powszechne udostępnienie za pomocą internetu. Tylko niewielu ludzi odpowiedzialnych za zarządzanie użytkowaniem ziemi posiada superkomputery umożliwiające przeliczanie ogromnych ilości danych wprowadzanych do tego programu. Jednak dzięki dodatkowemu wsparciu finansowemu autorzy planują stworzyć interfejs w sieci, aby każdy mógł wprowadzać do niego swoje mapy krajobrazowe do analizy korytarzy. Wyniki będzie można odbierać na specjalnej stronie internetowej (Hargrove, Hoffman 2004).

Opracowanie korytarzy dla Gorców.

Na użytek opracowania dla Gorców przyjęto 3 gatunki parasolowe: wilka, rysia i niedźwiedzia. Dla nich korytarzami ekologicznymi są fragmenty lasów łączących większe kompleksy leśne. W terenach silnie przekształconych, gdzie przemieszczanie się ograniczone jest do wąskich przesmyków, jako korytarze funkcjonują także kępy zarośli i drzew oraz pasy zadrzewień śródpolnych i przydrożnych (Jankowski 2001).

Na podstawie przeglądu problematyki i różnych sposobów ujęcia korytarza ekologicznego opracowano własne podejście do problemu oraz kryteria mające na celu opracowanie korytarzy w badanym obszarze. Biorąc pod uwagę jego wielkość, integracja różnych danych, takich jak zdjęć lotniczych, materiałów kartograficznych w postaci mapy tradycyjnej, mapy skanowanej (dane rastrowe) oraz danych wektorowych jak również uwag pisanych, wymagała zastosowania techniki komputerowej, w szczególności systemów informacji geograficznej (GIS). Prace nad mapami przeprowadzone zostały w programach MapInfo Professional 6.5 i Corel 9.0.

Materiały źródłowe:

1. Mapy PPGK układ 1965, w skali 1:50 000, 4 arkusze: 183.1 Nowy Targ, 183.2 Stary Sącz, 183.3 Zakopane Pn. oraz 183.4 Szczawnica – Krościenko, na których przedstawiono stan z 1975 roku. Mapy dostępne były w formie rastra – zeskanowane warstwowo tj. każdy arkusz w 4 warstwach: rzeki; poziomicę wraz z głównymi drogami; sytuacja (tj. zabudowa) wraz z siatką kilometrową, opisem oraz legendą; lasy
2. Mapy PPGK układ 1965, w skali 1:25 000, 6 arkuszy 183.12 Niedźwiedź, 183.14 Nowy Targ, 183.21 Kamienica, 183.23 Ochotnica, 183.32 Szaflary, 183.42 Krościenko. Przedstawiono na nich stan z 1978 r. Mapy dostępne były także w formie rastra ale zeskanowane w całości, tj. nie warstwowo, w formacie TIF.
3. Zdjęcia lotnicze w skali ok. 1:24 000, 1 para z okolic Tylmanowej
4. Zdjęcia lotnicze w skali ok. 1:9 000, w sumie 54 sztuki, w szeregach, wykonane w 1997 r., przedstawiające obszary otaczające Gorczański Park Narodowy od stron: północno – wschodniej, wschodniej i południowo – wschodniej. W sumie skorzystano z 56 zdjęć, z czego 52 przeanalizowano (pozostałe pliki były uszkodzone lub odwrócone)
5. Ortofotomapy w skali 1:10 000, sporządzone ze zdjęć lotniczych wykonanych w maju 2003 r., 10 arkuszy
6. Granice Gorczańskiego Parku Narodowego w postaci cyfrowej, plik w formacie .shp.
7. Mapa PPWK „Gorce Mapa turystyczna” 1:75 000, wyd. 2001
8. Sugestie i uwagi dotyczące przebiegu korytarzy ekologicznych otrzymane od dyrekcji Gorczańskiego Parku Narodowego

W programie MapInfo utworzone zostały warstwy:

- Wody
- Lasy (wszystkie)
- Szlaki turystyczne
- Wyciągi narciarskie
- Zasięg ostoi niedźwiedzia brunatnego w Gorcach
- Granice GPN

- *Granice poszczególnych zdjęć lotniczych*
- *Granice obszaru zanalizowanego na zdjęciach lotniczych*
- *Lasy, drzewa (lasy z wyszczególnionymi nowymi zadrzewieniami dodanymi po analizie zdjęć lotniczych)*
- *Zabudowa oraz Bufor zabudowy*

Na podstawie warstwy *Zabudowa* można było utworzyć kolejną – *Bufor od zabudowy*. W przypadku badanego obszaru wypróbowano kilka wartości odległości od zabudowy i ostatecznie wybrano dystans 100 m po obu stronach drogi. Ze względu na to, że w Gorcach wsie i osiedla są dość liczne i rozciągnięte wzdłuż dróg, a ich przysiółki stanowią często rozproszone gospodarstwa na stokach, stworzenie buforu o wartości większej niż 100 m uniemożliwiłoby zlokalizowanie przejść dla zwierząt, wolnych od zabudowy. Warstwa ta lepiej wizualizuje gęstość i rozmieszczenie zabudowy, ponieważ po nałożeniu jej na lasy i granice GPN dokładnie widać, że badany obszar posiada stosunkowo gęstą, choć rozproszoną zabudowę na wszystkich terenach poza Parkiem i Pasmem Lubania. Wyraźnie wskazuje to na niski stopień zagospodarowania Pasma Lubania i tym samym konieczność objęcia go którąś z form ochrony, za względu na jego priorytetowy charakter dla połączenia obszarów naturalnych na południowym wschodzie Polski.

- *Drogi oraz Bufor dróg*

Warstwa *Drogi* została zdigitalizowana na podstawie map 1:50 000 oraz 1:25000. Zostały uwzględnione drogi z utwardzoną nawierzchnią, takie jak: drogi szybkiego ruchu, drogi główne i drugorzędne, a także drogi lokalne – czyli wszystkie drogi oznaczone na mapach wyjściowych co najmniej podwójną linią (z wypełnieniem pomarańczowym lub białym). Pominięto drogi wiejskie (gruntowe) oraz polne i leśne, zaznaczone na mapach pojedynczą lub przerywaną linią. Linie kolejowe zaznaczono na tej samej warstwie, kolorem czarnym. Także i tutaj powstała warstwa *Bufor dróg*, za pomocą polecenia „Obiekty/Bufor” – wybrano dystans 100 m po obu stronach drogi, utworzony wspólnie dla wszystkich obiektów (dróg), ze względu na specyfikę terenu nie została ona jednak wykorzystana w analizie.

- *Natężenie ruchu na drogach*

Na podstawie danych z planu zagospodarowania przestrzennego województwa małopolskiego uzyskanych z Urzędu Marszałkowskiego, powstała warstwa *Natężenie ruchu na drogach*, gdzie przedstawiono kolorem czerwonym tylko drogi uwzględnione w planie. Wyróżniono tu 4 stopnie natężenia ruchu, oznaczone na mapie MapInfo za pomocą ilości pikseli tworzących szerokość drogi: od 2 pikseli (ruch: ok. 1 000 pojazdów na dobę) do 6 pikseli (ruch: ok. 4 000 - 5 000 pojazdów na dobę).

Ponadto w czasie przygotowywania map do wydruku powstały warstwy pomocnicze:

- *Napisy* (z nazwami miejscowości, głównych pasm górskich i zbiorników wodnych),
- *Symbole* (z symbolami i numerami korytarzy ekologicznych) oraz
- warstwa zawierająca ramkę i podziałkę liniową mapy

Powyższe warstwy nakładane są na pozostałe w celu stworzenia rozkładu w programie MapInfo, czyli przygotowania map i ich legend do druku. Program drukuje gotowe mapy w zadanej skali i w żądanym rozkładzie, wraz z legendą.

Praca ze zdjęciami lotniczymi i ortofotomapami polegała na tym, że wszystkie zdjęcia zostały kolejno zrektyfikowane w programie MapInfo poprzez wyszukanie co

najmniej 4 punktów kontrolnych i nadanie im współrzędnych odczytanych w tym samym programie z map 1:25 000, z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku (dokładność tolerowana przez program). Następnie każde zdjęcie kolejno było wyświetlone w programie wraz z nałożonymi warstwami: *Zabudowa* oraz *Lasy*. Korekta tych warstw polegała najczęściej na dodawaniu nowych elementów: w warstwie *Lasy* były to np. zarośnięte polany, nowe zadrzewienia śródpolne, rzadziej nowe polany powstałe po wyrębie lub wiatrolomie. Przy czym ustalono tu kryterium 50 m szerokości, to znaczy polany, jak również zadrzewienia śródpolne, które nie przekraczały 50 m szerokości w najszerszym miejscu zostały zlikwidowane lub pominięte. Następnie powyższa warstwa robocza została zamieniona na warstwę *Lasy, drzewa*, gdzie nowe polany nie różniły się niczym od starych, a elementy dodane, czyli nowe tereny gęsto zakrzaczone, zadrzewione kępami lub z młodnikiem o szerokości powyżej 50 m zostały zaznaczone innym, jaśniejszym kolorem na tle pozostałych lasów. Tak powstała warstwa *Lasy, drzewa* – czyli lasy z wyszczególnionymi nowymi zadrzewieniami na podstawie analizy zdjęć lotniczych.

- Warstwa *Korytarze ekologiczne*

Na podstawie rozmieszczenia obszarów leśnych i pasów zadrzewień śródpolnych, oraz z uwzględnieniem odległości od zabudowy mieszkalnej i infrastruktury turystycznej (np. wyciągów narciarskich, szlaków turystycznych) wyznaczone zostały korytarze ekologiczne łączące obszar Gorczańskiego Parku Narodowego z sąsiednimi obszarami leśnymi: z Beskidem Wyspowym (masyw Lubonia Wielkiego oraz Jasienia i Kiczory) oraz z Beskidem Sądeckim (pasmo Radziejowej), czyli od strony północnej, północno – wschodniej i wschodniej.

W częściach kluczowych wszystkich proponowanych korytarzy aktualne użytkowanie terenu zostało zanalizowane na ortofotomapach ze zdjęć lotniczych wykonanych w maju 2003 r. Wszystkie korytarze zostały dokładnie wytyczone tzn. na podstawie odpowiednio na siebie nałożonych warstw, wyznaczone zostały osie kierunku przemieszczania się zwierząt, które jednocześnie stanowią strefy wewnętrzne korytarzy oraz ustalono dokładne szerokości korytarzy w miejscach ich przecięcia z drogami.

Kryteria zastosowane dla wyznaczenia korytarzy.

1. Obecność zwartej lub częściowej (zadrzewienia śródpolne) pokrywy leśnej. Tereny otwarte w obrębie korytarza ekologicznego nie przekraczają 500 m szerokości – czyli wolnej przestrzeni do przebycia. Polany śródleśne w obrębie zwartych kompleksów, jeśli nie stanowią terenów zabudowanych, nie były traktowane jako poważna przeszkoda, głównie ze względu na ich niewielką powierzchnię oraz półnaturalne zagospodarowanie (łąki/hale).
2. Odległość od zabudowy mieszkalnej, w szczególności zabudowy zwartej we wsiach i osiedlach. Ze względu na charakter osadnictwa w Górcach, trudno było wyznaczyć korytarze, których przebieg nie napotkałby żadnej zabudowy. Osadnictwo jest tu bardzo rozproszone i pojedyncze gospodarstwa często zlokalizowane są wysoko na stokach górskich, z dala od właściwej osady, co uniemożliwia wyznaczenie ścisłej wartości liczbowej minimalnej odległości od zabudowy. Dlatego kryterium to zostało potraktowane dość elastycznie, w zależności od warunków terenowych, bez wyznaczenia konkretnej wartości odległości od zabudowy np. w metrach. W pobliżu wsi wartość ta spada nawet do 20 m od zabudowań. W obszarach zalesionych, oddalonych od zwartych

osiedli, gdzie szerokość korytarza wynosi średnio 0,5 – 1 km, także czasem w jego obrębie pojawia się odosobniona zagroda.

3. Drogi i zagospodarowanie terenu wzdłuż dróg. Ze względu na specyfikę terenu badań, gdzie większość osiedli ludzkich skupia się wzdłuż dróg w dolinach, korytarze ekologiczne łączące zalesione stoki górskie najczęściej przecinają drogi w poprzek. Stąd sama odległość od dróg nie stanowiła kryterium wyznaczenia granic korytarza (nie ciągną się one wzdłuż dróg). Drogi zostały potraktowane jako bariery konieczne do pokonania, niezależnie od panującego na nich natężenia ruchu. Wśród dróg, przez które prowadzą korytarze ekologiczne, największym ruchem pojazdów charakteryzuje się droga nr 969, na odcinku Krościenko nad Dunajcem – Łącko i dlatego tutaj wyznaczenie korytarzy łączy się z założeniem, że przechodzenie zwierząt następuje głównie w nocy, kiedy ruch na drodze jest najmniejszy. Ponieważ drogi i towarzyszące im zabudowania stanowią najbardziej „stresogenne” elementy korytarza, odcinki dróg określone na mapie jako możliwe do pokonania stanowią wąskie przesmyki, często znajdujące się w bezpośredniej bliskości zabudowy i dlatego należy szczególnie zwrócić uwagę na zachowanie tych fragmentów. W przeciwnym przypadku wyznaczenie korytarzy położonych wyżej na stokach górskich, a zatem szerszych i bardziej spokojnych ale nie połączonych ze sobą poprzez doliny, nie będzie spełniało funkcji podstawowej korytarzy, jaką jest łączenie odległych siedlisk.
4. Odległość od szlaków turystycznych. Było to kryterium dodatkowe, nie priorytetowe, ponieważ szlaki turystyczne stanowią stosunkowo małą ingerencję w naturalne środowisko. W Gorcach wyznaczona sieć szlaków turystycznych przebiega głównie wzdłuż grzbietów górskich. Ponieważ jednak duże drapieżniki najchętniej poruszają się po terenach najwyżej położonych, czyli najdalej od światła, odgłosów i osiedli ludzkich w dolinach, to tutaj trasy ich wędrówek oraz przebieg szlaków turystycznych często nakładają się na siebie. Jako że szlaki turystyczne poprowadzone są często tymi samymi strefami grzbietowymi, którymi wędrują zwierzęta, trudno było wyznaczyć korytarze, które w ogóle nie przecinałyby szlaków turystycznych, ale postarano się by korytarz prowadzący wzdłuż szlaku przebiegał nieco poniżej niego, czyli nie na grzbiecie górskim, ale na stokach, najczęściej trudniejszych do eksploracji dla człowieka i gęściej zalesionych. Dodatkowym powodem było stwierdzenie częstej obecności badanych gatunków na polanach śródleśnych znajdujących się poniżej strefy grzbietowej, na stoku. Ponadto nawet jeśli korytarz zawiera w swym obrębie fragment szlaku turystycznego to strefa centralna korytarza nie pokrywa się ze szlakiem.

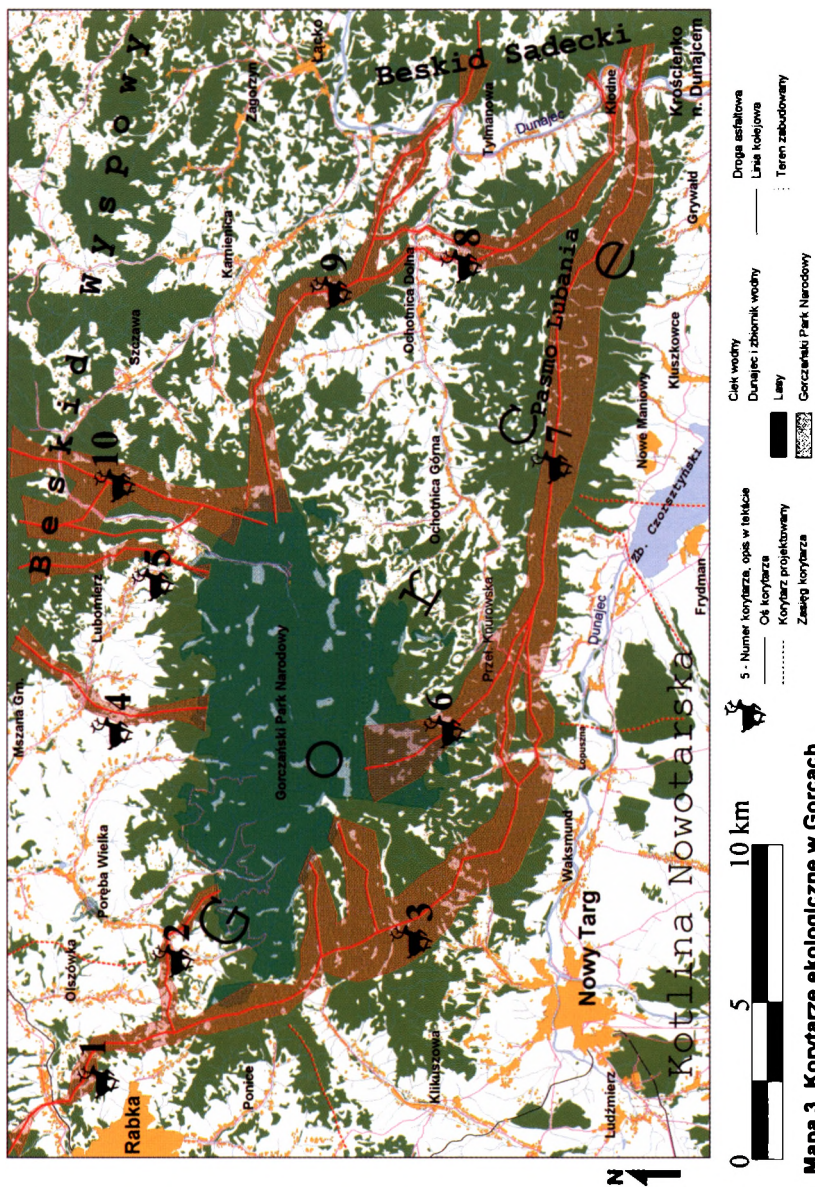
Wyznaczenie korytarzy posiada formę graficzną: na warstwie *Korytarze* nałożonej na pozostałe warstwy „podkładowe” (*Lasy, Wody, Zabudowa, Bufor zabudowy, Drogi, Szlaki turystyczne, Wyciągi narciarskie, Granice GPN*) zaznaczono korytarze w dwójaki sposób. Po pierwsze, czerwoną linią ciągłą zaznaczono osie kierunków przemieszczania się zwierząt, które jednocześnie stanowią część centralną korytarza, najlepiej chronioną strefę wewnętrzną. Po drugie, wielobokiem przedstawiono zasięg szerokości i długości korytarza. Granice wieloboku wyznaczają dokładne granice korytarza wzdłuż całej jego długości oraz zasięg danego korytarza - czyli wskazują, które obszary leśne są nim połączone. W przypadku kluczowych części korytarza, tj. w miejscach gdzie przecina on trudne do przebycia dla zwierząt obszary, takie jak tereny zabudowane, tereny otwarte (pola, łąki) lub tylko częściowo

zadrzewione oraz na przecięciach z drogami, granice te zostały określone na podstawie dostępnych danych oraz aktualnych ortofotomap bardzo dokładnie, w wielu miejscach z dokładnością do 1 metra, ponieważ miejsca takie stanowią zwężenia korytarza, poza którymi przechodzenie zwierząt na drugą stronę drogi jest w dużym stopniu utrudnione lub niemożliwe (głównie ze względu na wartość zabudowy). Dlatego w miejscach tych granice korytarza nakreślone na mapie należy traktować jako faktyczne granice, które mają odniesienie w rzeczywistości i wyłącznie w obrębie których mogą przemieszczać się zwierzęta.

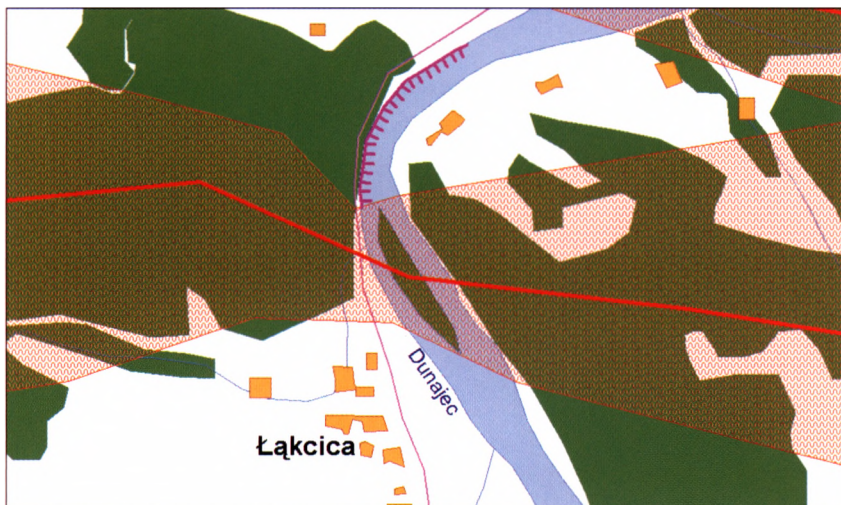
Inaczej należy traktować linie graniczne w tej części korytarzy, które znajdują się na terenie Gorczańskiego Parku Narodowego lub innych zwartych obszarach leśnych. Ponieważ zwierzęta w tych terenach nie będą ograniczone zwartą zabudową lub innymi formami aktywności człowieka, nie sposób przewidzieć dokładnej trasy ich przemieszczania się. Dlatego granice korytarzy należy tu traktować jako linie umowne, ogólnie ukazujące kierunek rozprzestrzeniania się zwierząt. Linie te także zostały nakreślone na podstawie wyżej wymienionych kryteriów, takich jak odległość od zabudowy mieszkalnej czy dróg, ale należy pamiętać, że wraz ze wzrostem odległości od tych barier, (jakimi są elementy infrastruktury człowieka), granice korytarza tracą na znaczeniu, ponieważ po dotarciu do zwartych terenów leśnych zwierzęta mogą rozchodzić się w różnych kierunkach na całym obszarze lasu.

Podsumowanie

Metody przytoczone w części drugiej artykułu bazują w głównej mierze na zdjęciach satelitarnych i technikach GIS, za pomocą których w sposób mechaniczny, matematyczny ustalano kryteria przydatności danego obszaru dla zwierząt oraz wytyczano korytarze, w niewielkim stopniu lub wcale nie uwzględniając innych, „mniej matematycznych” czynników, jak obecność i działalność człowieka (np. prace na polach uprawnych) czy realne trasy wędrówek zwierząt. Ponadto zastosowana w amerykańskich opracowaniach (najczęściej wielkoobszarowych) rozdzielczość od 100 m do 1000 m powodowała zbyt dużą generalizację danych i nie dawała możliwości zidentyfikowania wąskich i zagrożonych, ale bardzo ważnych dla funkcjonowania regionu, przepustów w obrębie korytarzy. Porównując z powyższym wyniki uzyskane po wykonaniu opracowania dla GPN, można stwierdzić, że w opracowaniu terenu o takiej powierzchni jak Gorce, fotointerpretacja zdjęć lotniczych daje o wiele większe możliwości analizy pokrycia i zagospodarowania powierzchni ziemi, a tym samym dokładniejszego i bardziej szczegółowego wyznaczenia korytarzy ekologicznych.



Rys.3. Mapa korytarzy ekologicznych w Gorcach (opr. własne)



Rys.4. Przejście w okolicy betonowej opaski Dunajca pomiędzy Łąccicą a Kłodnem, przykład wyznaczenia granic korytarza z przybliżeniem do 1 metra (opr.własne)

LITERATURA:

- Ament, Rob; Craighead, Lance, 1998: *Corridors of Life. American Wildlands completes model-building phase of vital land linkage corridors in the Northern Rockies*. W: "On the Wildside. The Journal of American Wildlife", Spring/Summer 1998, vol.9, Nr 1
- Angelstam, Per; Roberge, Jean-Michel, 2004: *Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool*, In: Conservation Biology, Volume 18, Issue 1, February 2004, p. 76
- Bélanger, L.; Grenier, M.; Deslandes, S., 1998: *Atlas de conservation des boisés en paysage agricole*. Environnement Canada, Service canadien de la faune
- Bonenberg, Marek M (tl. i opr.), 2001: *Dyplom Europejski dla obszarów chronionych*, Kraków, Polski Klub Ekologiczny
- Duchesne, S; Bélanger, L.; Grenier, M., 1999: *Guide de conservation des corridors forestiers en milieu agricole*. Environnement Canada, Service canadien de la faune (région du Québec) et Fondation Les oiseleurs du Québec inc.
- Hargrove, William W; Hoffman, Forrest M., 2004: *Developing a Practical Map-analysis Tool for Corridor Detection. Proceedings of the 19th Annual Symposium of the International Association for Landscape Ecology, United States Regional Association (US-IALE), March 30-April 2, 2004, Las Vegas, Nevada, USA*, pp. 93-94
- Herrero, Jacob; Jevons, Scott, 2000: *Assessing the Design and Functionality of Wildlife Movement Corridors in the Southern Canmore Region*, raport dot. korytarzy z września 2000, dostępny na stronie <http://www.stratalink.com>
- Jankowski, Wojciech, 2001: *Korytarze i bariery ekologiczne w dolinach rzecznych*, ze strony <http://www.odra.org.pl>
- Ruediger, Bill et al., 1999: *Restoration of carnivore habitat connectivity in the Northern Rocky Mountains*, Missoula, Montana
- Quinby, Peter et al., 1999: *Opportunities for Wildlife Habitat Connectivity between Algonquin Park, Ontario and the Adirondack Park*, New York, Burlington - Vermont
- Walker, Richard; Craighead, Lance, 1997: *Least-Cost-Path Corridor Analysis. Analyzing wildlife movement corridors in Montana using GIS*. Materiały konferencyjne z „1997 ESRI User's conference”